

TOLÉRANCE DE SALINITÉ DE *SPIRULINA PLATENSIS* (Gom.) Geitl., (CYANOPHYTA) DANS LES MARES NATRONÉES DU KANEM (TCHAD)

par A. ILTIS*

RÉSUMÉ

La cyanophycée S. platensis a été trouvée dans des milieux ayant une concentration de 8,5 à 270 grammes de sel par litre. La zone optimale de développement se situe entre 22 et 62 grammes de sel par litre. Au point de vue concentration du milieu, le seuil d'apparition de cette espèce est plus élevé en milieu naturel qu'en cultures pures.

SUMMARY

Spirulina platensis occurs in alkaline waters with concentrations between 8,5 and 270 g/l. Optimal zone is located between 22 and 62 g/l. In pure cultures, this algae is able to grow in less alkaline media.

La présence au Tchad de l'algue bleue *Spirulina platensis* a déjà fait l'objet de plusieurs publications scientifiques ; signalons DANGEARD (1940), LÉONARD (1966), LÉONARD et COMPÈRE (1967). Les conditions de culture en milieu artificiel ont été particulièrement étudiées par ZARROUK (1966). Des communications sur cette espèce ont été présentées récemment à la Réunion organisée par le Conseil Suédois pour la Recherche Appliquée qui se tenait à Stockholm en juin 1968. Peu de renseignements toutefois, ont été donnés jusqu'à présent sur la biologie de cette espèce dans son milieu naturel. Signalons à ce sujet les renseignements écologiques fournis dans les comptes rendus de l'expédition Percy Sladen au Kenya (BEADLE, 1932 ; JENKIN, 1932, 1936 ; RICH, 1931, 1932, 1933) et les travaux de WOOD (1968) sur les lacs éthiopiens.

Au Tchad, *Spirulina platensis* a été jusqu'à présent trouvé dans les lacs de la région d'Ounianga Kébir et à Faya Largeau en pleine zone saharienne, et, plus au sud, dans les « mares » du Kanem, zone sahélienne à subdésertique située directement au nord-est du lac Tchad (fig. 1). Cette région est pourvue d'un réseau serré de mares, de petits lacs, de lagunes intérieures s'apparentant à des « sebkhas », plus ou moins natronés, temporaires ou permanents, groupés sous l'appellation générale de « mares » du Kanem. *S. platensis*, très abondant, y est récolté, séché au soleil et vendu sur les marchés sous le nom local de « dihé » pour être consommé par les habitants du pays.

* Maître de Recherches. Centre ORSTOM, BP 65, Fort-Lamy, Tchad.

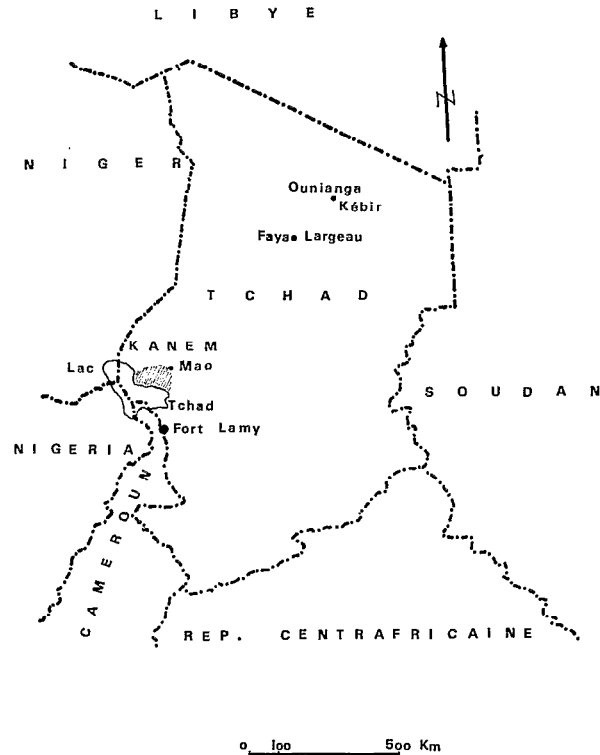


Fig. 1. — Carte du Tchad indiquant les lieux de récolte de *Spirulina platensis*. En hachures obliques, la zone prospectée pour cette étude.

Lors d'une étude conduite durant plus d'une année sur le phytoplancton des collections d'eau du Kanem, il est tout de suite apparu que *Spirulina platensis* atteignait des densités de peuplement très variables suivant le milieu où on la trouvait, et était absente de beaucoup de mares prospectées. Ces dernières présentant des salinités très diverses, il nous a paru intéressant de rechercher entre quelles limites de salinité cette espèce trouvait son optimum de développement.

MÉTHODES

Les « mares » du Kanem présentent toutes le même type au point de vue chimique ; elles se caractérisent notamment par une teneur élevée en carbonates et bicarbonates alcalins. La conductibilité électrique des différents milieux a été mesurée à l'aide d'un conductimètre Philips P.R. 9500 et les résultats rapportés à 25 °C. Les données obtenues en micromhos par centimètre ont été converties en poids de sel présent par litre en utilisant la courbe de la figure 2 (MAGLIONE, 1969) établie au laboratoire d'analyses chimiques de l'ORSTOM à Fort-Lamy à partir d'échantillons d'eau rapportés du Kanem.

L'évaluation quantitative des spirulines a été faite par comptages au microscope inversé. En raison de la densité des peuplements, des dilutions étaient souvent nécessaires pour l'étude des échantillons. Les résultats obtenus étaient convertis en volume de *Spirulina platensis* par litre après calcul du volume moyen d'un filament.

Les prélèvements ont toujours été faits de préférence au centre des mares ou à une certaine distance du bord. Il n'a pas été tenu compte des valeurs trouvées pour des prélèvements effectués en des points de bordure de mares où les spirulines, poussées par des vents réguliers, s'amassent en « soupe » épaisse.

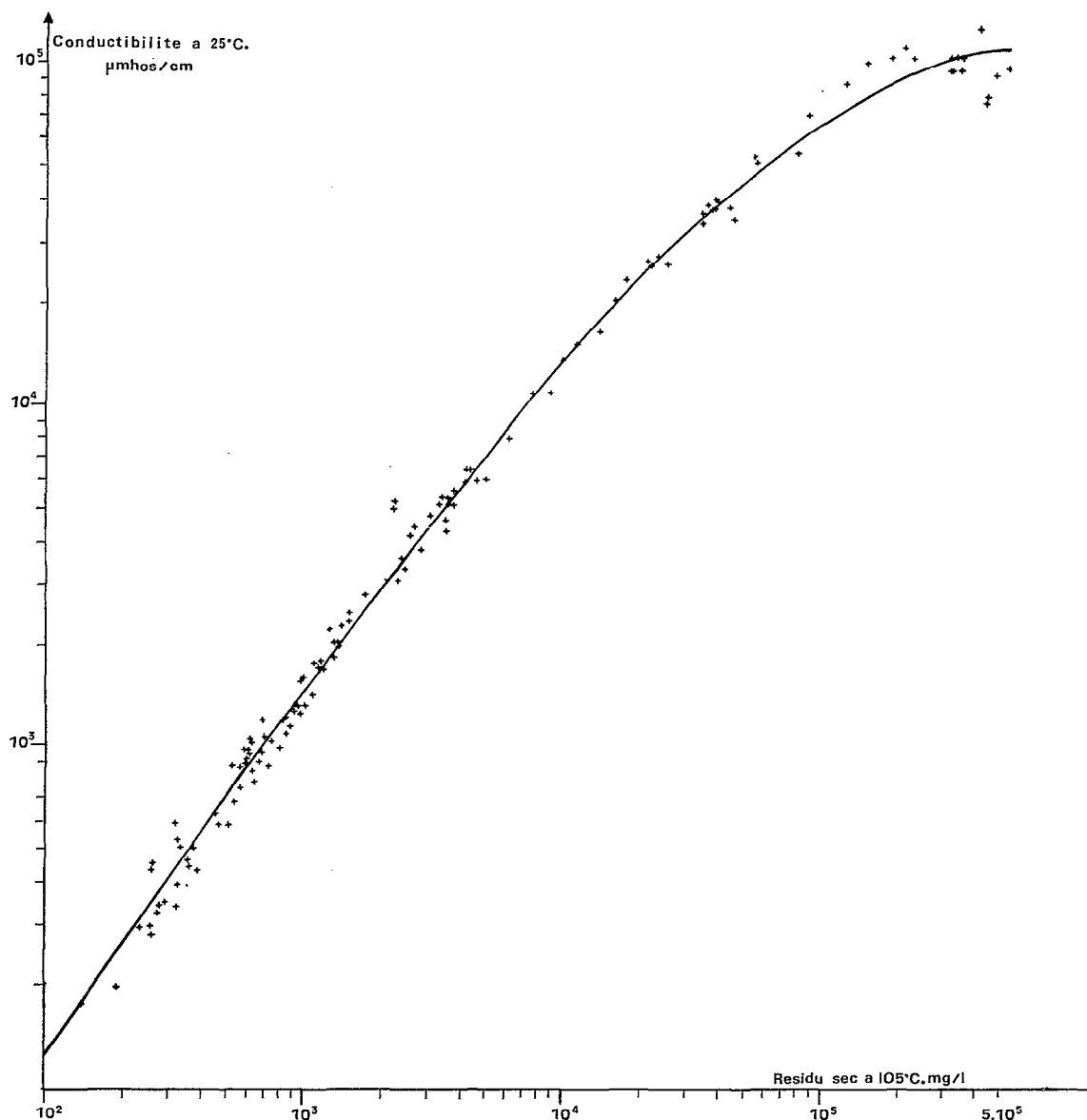


Fig. 2. — Courbe de corrélation $\frac{\text{conductivité électrique}}{\text{résidu sec}}$ valable pour les eaux des mares natronées et des nappes phréatiques du Kanem (Maglione, 1969).

LIMITES DE SALINITÉ

Sur un graphique ont été portées en ordonnées les concentrations en sel exprimées en grammes par litre trouvées durant les échantillonnages dans plusieurs mares temporaires ou permanentes ayant un peuplement à *Spirulina platensis*. En abscisses ont été portées les valeurs correspondantes de la biomasse de cette algue exprimées en microlitres par litre (fig. 3). A l'examen de ce graphique, on remarque que *Spirulina platensis* n'est pas trouvé dans des eaux ayant une salinité inférieure à 8,5 grammes de sel par litre (11.500 micromhos) et supérieure à 270 grammes (98.000 micromhos). La zone optimale de développement de cette algue se situe approxima-

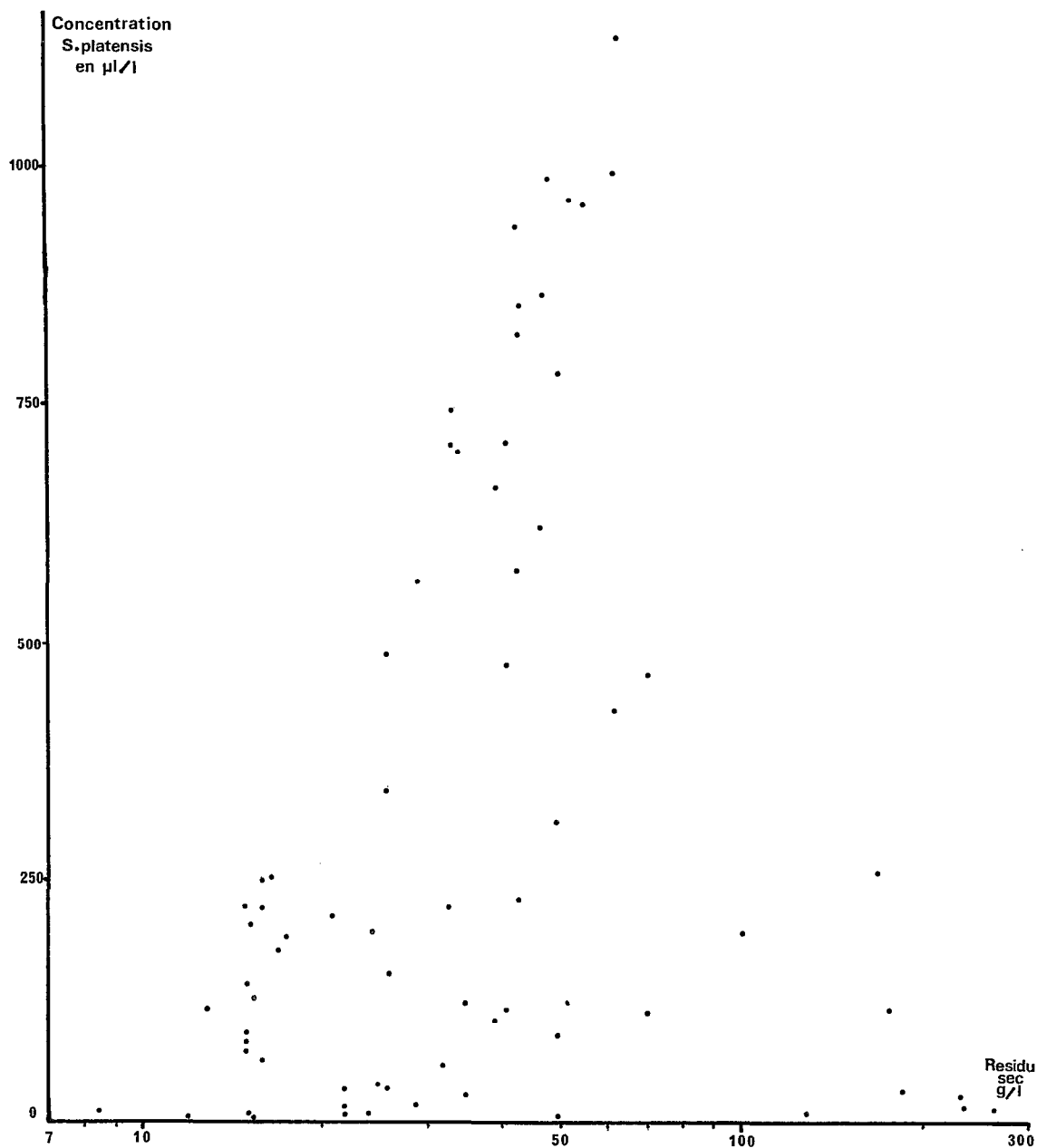


Fig. 3. — Concentrations en *Spirulina platensis* exprimées en microlitres par litre par rapport à la concentration en sels du milieu exprimée en grammes par litre dans les mares du Kanem.

tivement entre 25.000 et 50.000 micromhos, soit entre 22 et 62 grammes de sel par litre, la moyenne des concentrations des milieux où l'on trouve des peuplements à spirulines étant de 37 grammes par litre (38.100 micromhos). La densité la plus importante trouvée atteint 1138 microlitres par litre pour une concentration du milieu de 63 grammes de sel par litre.

DISCUSSION

Ces résultats, comparés à ceux obtenus en milieu artificiel par ZARROUK (1966) qui a travaillé en cultures pures avec des souches originaires du Kanem (1), montrent des limites inférieures de tolérance de salinité plus hautes en milieu naturel que dans les cultures. Un développement normal de *Spirulina platensis* est signalé en cultures dans des milieux de même type au point de vue chimique que les eaux du Kanem concentrés à 7 grammes de sel par litre et des croissances faibles sont déjà constatées dans des milieux à 3 et 5 grammes par litre. En milieu naturel, cette cyanophycée n'a pas été trouvée dans des eaux d'une teneur en sels inférieure à 8,5 grammes par litre.

Il semble que ce fait puisse être expliqué par l'absence de concurrence spécifique dans les cultures pures. Nous avons pu en effet constater, au cours de nos observations sur le phytoplancton des mares natronées, que dans les milieux à concentrations en sels les plus basses où l'on trouvait l'espèce *Spirulina platensis*, celle-ci était accompagnée par des quantités le plus souvent très importantes d'*Anabaenopsis arnoldii*. On peut donc supposer que cette dernière algue a son optimum de développement dans la zone de salinité qui correspond à la zone d'apparition possible de *Spirulina platensis* et que, soit par concurrence nutritionnelle, soit par hétéroantagonisme, elle empêche

son développement. Nous avons remarqué aussi que dans un petit lac dont la salinité reste sensiblement stable toute l'année, avoisinant 12 grammes de sel par litre, soit une concentration tolérée par *Spirulina platensis*, une autre espèce de *Spirulina*, plus petite et à spires plus serrées, s'est installée et forme des peuplements denses où *S. platensis* est absente ; là aussi, une espèce moins halophile (2) semble interdire le développement de cette dernière.

La limite supérieure de tolérance de salinité est beaucoup plus délicate à définir. En cultures, la concentration de 56 grammes de sel par litre est indiquée comme limite supérieure et des croissances encore acceptables sont signalées dans des milieux ayant une concentration de 72,5 grammes par litre (ZARROUK, 1966). En milieu naturel, nous avons trouvé *Spirulina platensis* dans des eaux ayant une concentration d'environ 270 grammes de sel par litre dans des mares temporaires durant la période qui précède de peu leur assèchement. Il s'agissait de peuplements qui s'étaient formés dans des conditions de salinité plus favorables et qui réussissaient à se maintenir à ces fortes concentrations. La salinité exacte à partir de laquelle, en milieu naturel, l'algue cesse de se développer est impossible à déterminer exactement en période d'assèchement des mares : il arrive parfois en effet que lors des numérations, une augmentation du volume de spirulines par litre apparaisse, mais cet accroissement est dû non à leur multiplication, mais simplement à la diminution du volume d'eau de la mare qui a concentré les organismes y vivant.

L'observation de l'installation d'un peuplement à *Spirulina platensis* durant la phase de dessalement qui accompagne la mise en eau des mares temporaires natronées pourrait théoriquement donner des renseignements sur les valeurs maximales de salinité tolérées. Malheureusement, la rapidité de remplissage des dépressions interdunaires où se forment ces mares fait qu'un développement sélectif des différentes espèces du phytoplancton ne peut s'opérer à ce moment. Il tombe dans le Kanem de 200 à 400 millimètres de pluie par an répartis sur environ six semaines durant les mois de juillet et août. Les premières pluies dissolvent rapidement la couche de natron pulvérulent qui s'était formée en saison sèche sur le fond de la mare asséchée. La concentration du milieu, très forte après la première chute de pluie, décroît rapidement au fur et à mesure que les précipitations se succèdent, et, dans ces conditions de salinité très instables, seuls des flagellés halophiles (2) peuplent ces milieux à leur début.

(1) Déterminées sous le nom de *Spirulina maxima*, les souches utilisées en cultures par Zarrouk (1966) appartiennent très vraisemblablement à l'espèce *S. platensis*.

(2) Bien que le terme « halophile » désigne, par son origine étymologique, une préférence pour les milieux chlorurés, il est employé ici dans un sens plus large, faute de qualificatif équivalent pour les milieux carbonatés.

Durant nos observations, dans le but d'essayer de situer la limite supérieure de salinité tolérée, nous avons pu seulement constater qu'un peuplement à *S. platensis* de 11 microlitres par litre se maintenait dans une mare temporaire en bordure du lac Tchad à concentration d'environ 270 grammes de sel par litre ; un abaissement de la concentration de ce milieu à 130 grammes de sel par litre, dû à une élévation de niveau de la nappe phréatique du lac, ne s'est traduit par aucun accroissement de la densité en spirulines ; au contraire, celle-ci n'atteignait plus que 0,7 microlitre par litre deux mois plus tard. On peut donc estimer que la limite supérieure de concentration tolérée pour le développement de cette algue se situe entre un peu plus de 60 grammes de sel par litre (50.000 micromhos), concentration de certains lacs à salinité stable ayant un peuplement permanent à *S. platensis*, et 115 grammes environ (70.000 micromhos).

CONCLUSIONS

Spirulina platensis peut être considérée comme une espèce à la fois halophile et très euryhaline : en milieu naturel, les salinités tolérées vont de 8,5 grammes de sel par litre à 270 grammes avec une zone optimale de développement se situant entre 22 et 62 grammes par litre. Au point de vue biologique, cette constatation concorde avec les observations de BEADLE (1943) sur le peuplement des eaux salées continentales algériennes : les espèces vivant dans les milieux les plus salés sont capables de s'adapter aux plus grandes variations de concentration du milieu.

Les limites inférieures de tolérance de salinité sont plus basses lorsqu'il s'agit de cultures pures : il semble bien qu'en milieu naturel d'autres espèces de cyanophycées planctoniques empêchent le développement de *S. platensis* dans la zone voisine des limites inférieures de tolérance de salinité de cette espèce. Les salinités maximales permettant son développement n'ont pu être définies exactement ; toutefois les résultats des observations effectuées concordent avec les données obtenues en milieu artificiel en cultures pures.

BIBLIOGRAPHIE

- BEADLE (L. C.), 1932. — Scientific results of the Cambridge Expedition to the East African Lakes, 1930-31. The waters of some East African Lakes in relation to their fauna and flora. *J. linn. Soc. (Zool.)*, 38, pp. 157-211.
- BEADLE (L. C.), 1943. — An ecological survey of some Inland Saline Waters of Algeria. *J. linn. Soc. (Zool.)*, 41, pp. 218-42.
- BRANDILY (M. Y.), 1959. — Depuis des lustres, une tribu primitive du Tchad exploite la nourriture de l'an 2000. *Sciences et Avenir*, 152, pp. 516-9.
- DANGEARD (P.), 1940. — Sur une algue bleue alimentaire pour l'homme : *Arthrospira platensis* (Nordst.) Gomont. *Actes Soc. linn. Bordeaux*, 91, pp. 39-41.
- JENKIN (P. M.), 1929. — Biology of lakes in Kenya. *Nature*, 124, p. 574.
- JENKIN (P. M.), 1932. — Report on the Percy Sladen Expedition to some Rift Valley lakes in Kenya in 1929. I. Introductory account of the biological survey of five freshwater and alkaline lakes. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 10, 9, pp. 533-53.

- JENKIN (P. M.), 1936. — Report on the Percy Sladen Expedition to some Rift Valley lakes in Kenya in 1929. VII. Summary of the ecological results with special reference to the alkaline lakes. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 10, 18, pp. 133-81.
- LÉONARD (J.), 1966. — The 1964-1965 Belgian Trans-Saharan Expedition. *Nature*, 209, pp. 126-7.
- LÉONARD (J.) et COMPÈRE (P.), 1967. — *Spirulina platensis* (Gom). Geitl., algue bleue de grande valeur alimentaire par sa richesse en protéines. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 37, 1, suppl., 23 p.
- MAGLIONE (G.), 1969. — Premières données sur le régime hydrogéochimique des mares permanentes du Kanem (Tchad). *Rapport O.R.S.T.O.M. Fort-Lamy*, 18 p., 13 fig., 3 tabl. Multigr.
- POURRIOT (R.), ILLIS (A.) et LÉVÊQUE-DUWAT (S.), 1967. — Le plancton des mares natronées du Tchad. *Internation. Rev. ges. Hydrobiol.*, 52, 4, pp. 535-43.
- RICH (F.), 1931. — Notes on *Arthrospira platensis*. *Rev. algol.* 6, pp. 75-9.
- RICH (F.), 1932. — Phytoplankton from the Rift Valley lakes in Kenya. Reports on the Percy Sladen expedition to some Rift Valley lakes in Kenya in 1929. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 10, 10, pp. 233-62.
- RICH (F.), 1933. — Scientific results of the Cambridge Expedition to the East African Lakes 1930-1931, 7, The Algae. *J. linn. Soc. (Zool.)*, 38, pp. 249-75.
- WOOD (R. B.), 1968. — The production of *Spirulina* in open lakes. *Communication à la Réunion du Swedish Council for Applied Research. Stockholm*; 11 p. Multigr.
- ZARROUK (C.), 1966. — Contribution à l'étude d'une Cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch. et Gardner) Geitler. *Thèse Doctorat*, Nr. A.O. 1064. Paris.